



第三章 常用电子元器件与接插件 ——构成电子装置的物质基础

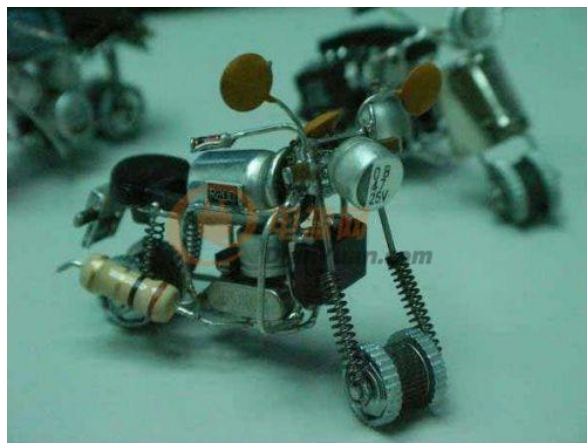
内容

要求

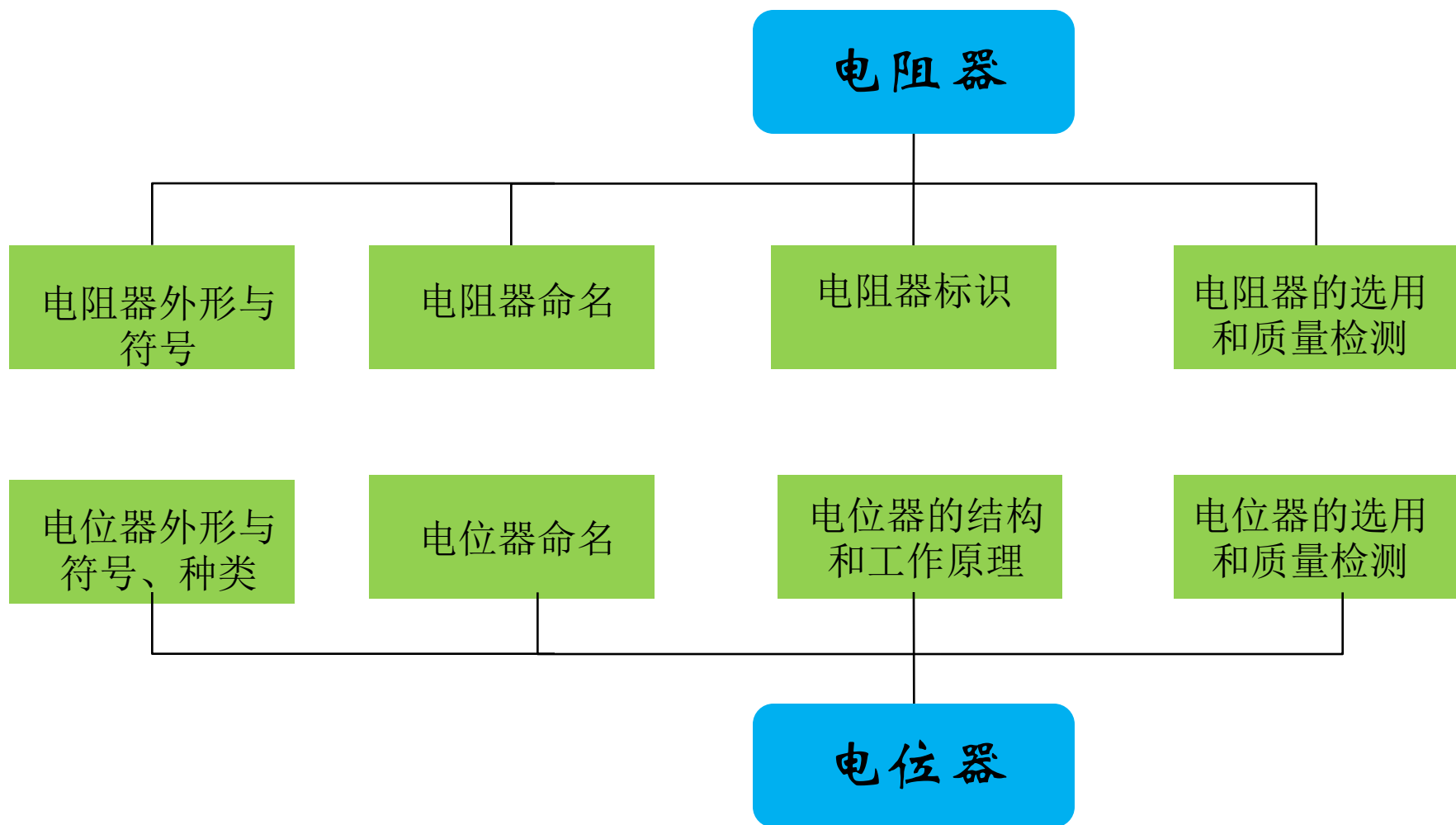
- 电阻器与电位器
- 电容器
- 电感器
- 变压器
- PN结与二极管
- 其他半导体分立器件
- 表面安装元器件(SM)
- 其他常用器件
- 接插件与导线



- 熟知电阻器、电容器、电感器标识方法并能快速识别
- 掌握变压器的工作原理
- 掌握二极管的原理及其伏安特性，并掌握检测方法
- 认识三极管并会检测
- 认识场效应管、晶闸管
- 认识表面安装元器件
- 认识各种接插件与导线



电阻器与电位器



电阻器(Resistor)

- 电阻反映导体对电流的阻碍作用。在电路中起电阻作用的元件称为电阻器，通常简称为电阻。
- 电阻通常用字母R表示，电阻的单位用欧姆(Ω)

$$1\text{k}\Omega=10^3\Omega$$

$$1\text{M}\Omega=10^3\text{k}\Omega=10^6\Omega$$

- 用途：在电路中稳定和调节电路中的电流和电压，可作为分流器、分压器和负载等使用。特殊电阻当传感器使用。电阻占设备中元件总数30%。

常用电阻的实物图与符号



m) 磁敏电阻



a) 碳膜电阻



b) 金属膜电阻



AR系列精密电阻

c) 精密电阻



d) 线绕电阻



e) 水泥电阻



f) 贴片电阻



g) 热敏电阻



h) 压敏电阻



i) 湿敏电阻



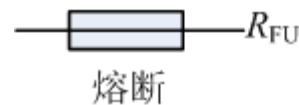
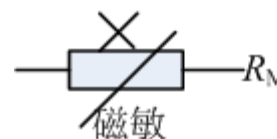
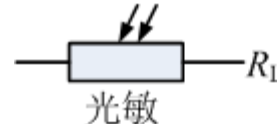
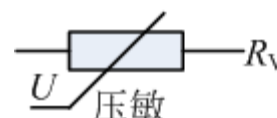
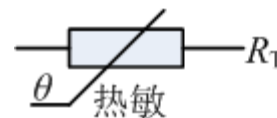
j) 光敏电阻



k) 熔断电阻



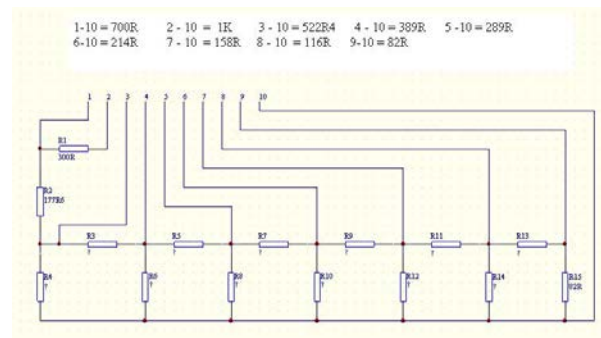
l) 分流器



传感器

常用电阻的几点说明

- ❑ 熔断电阻是一次性的，通常几十 Ω ，用于直流供电电路中起到保护作用。
- ❑ 绕线电阻中有一种用水泥填充固化的形式称水泥电阻，采用压接工艺，压接点在电流过大是时迅速熔断。水泥电阻功率大，散热好，且阻燃防爆、绝缘($>100M\Omega$)。
- ❑ 贴片电阻体积小、精度高、稳定性和高频性能好
- ❑ 分流器：一小电阻，使用电压量来表示电流量。
- ❑ 电阻排及网络：电阻的集成





一般电阻器的命名

第一部分：主称
符号 意义

R 电阻器

第二部分：材料 符号	意义
T	碳膜
H	合成膜
S	有机实芯
N	无机实芯
J	金属膜
Y	氧化膜
C	沉积膜
I	玻璃釉膜
P	硼酸膜
U	硅酸膜
X	线绕

第三部分：特征 符号	意义
1	普通
2	普通
3	超高频
4	高阻
5	高温
6	—
7	精密
8	高压
9	特殊
G	高功率
T	可调

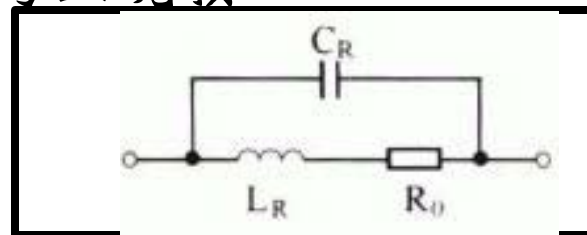
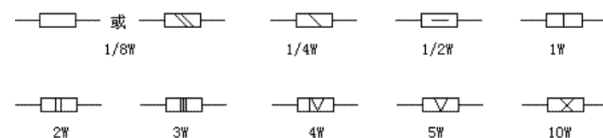
第四部分：序号

对主称、材料相同，仅性能指标尺寸大小有区别，但基本不影响互换使用的产品，给同一序号；若性能指标、尺寸大小明显影响互换时，则在序号后面用大写字母作为区别代号。

◆敏感电阻其元器件型号命名方法，请参考网站中的资料。

电阻器的主要参数

- 标称阻值 R : 标称环境下电阻值系列: E192 E96 E48 E24 E12 E6
- 允许偏差: 标称值与实测值的最大偏差范围和标称阻值之比的百分数----精度等级: 005(D)、01(F)、02(G)、I(05)、II(1)、III(2)
- 额定功率 P : 在规定温度下, 在电路中长期连续工作而不损坏或不显著改变其性能所允许消耗的最大功率
- 线绕: 18种; 非线绕11种 10W以下图符:
- 极限工作电压 V_e : 不能超过的电压值, 否则马上烧损
- 额定电压 U : $U = \min(\sqrt{P/R}, V_e)$
- 稳定性: 不受环境和工作状态影响的程度
- 噪声电动势: 由热噪声和电流噪声产生的电势---弱信号系统考虑
- 最高工作温度: 电阻能正常工作的最高温度
- 高频特性: 任何一种电阻均存在分布电感和电容, 只是大小的问题, 一般非线绕电阻小, 线绕电阻要大得多。



电阻器的标识----直标、符号法

- 直标法：用于功率比较大的电阻器，如 $24\text{ k}\Omega$ ， $\pm 10\%$ 。无充差标识，则认为是 20% 。
- 文字符号法：
 - ▣ $3.3\ \Omega$ 等同于 $3\ \Omega\ 3$ 、 $3R3$ ； $4k7$ 就是 $4.7k\ \Omega$ ；允许偏差用 I、II、III 表示。
 - ▣ 改革后一般仅用3位数字标注标称值；允许偏差不再标注，通常小于 $\pm 5\%$ 。如223表示其阻值为 $22 \times 10^3 = 22k\Omega$

电阻器的标识----色标法

色标法练习



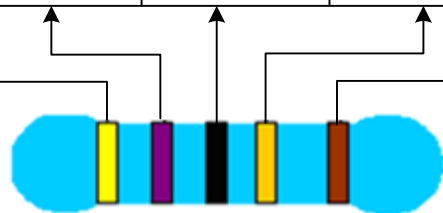
色标法：小功率电阻广泛采用色标法。

三色环电阻不提供偏差信息

四色环（偏差较大）、五色环（偏差较小）电阻用提供偏差信息，距离区分出。从有两个等间距的色环的左侧开始读数。

巧记的口诀：棕一红二橙是三，四黄五绿六为蓝，七紫八灰九对白，黑是零，金五银十表误差。

颜色	第一段	第二段	第三段	乘数	误差	
黑色	0	0	0	1	±1%	F
棕色	1	1	1	10	±2%	G
红色	2	2	2	100		
橙色	3	3	3	1k		
黄色	4	4	4	10k		
绿色	5	5	5	100k	±0.5%	D
蓝色	6	6	6	1M	±0.25%	C
紫色	7	7	7	10M	±0.1%	B
灰色	8	8	8		±0.05%	A
白色	9	9	9			
金色				0.1	±5%	J
银色				0.01	±10%	K
无色					±20%	M



色标法练习

电阻器的选用规范

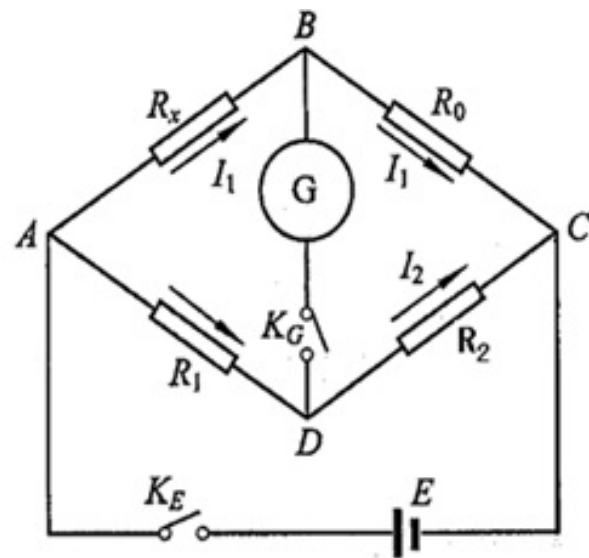


- 遵守以下5个指标：（具体见网站上的资料）
 - ▣ 功率----电阻实际功耗最大不能超过额定功率的50%
 - ▣ 表面温度----电阻表面温度在实际使用时，室内机应小于 80°C ，室外机应小于 90°C
 - ▣ 工作电压----应小于额定电压
 - ▣ 强电电路使用环境----在强电电路中使用，且电阻温升小于15 Kelvin时应使用玻璃釉或金属釉电阻；电阻温升大于15 Kelvin的电阻应选用氧化膜电阻
 - ▣ 电阻的高频特性：高频电路中，电阻等效成一个标称电阻与引线电感串联，再与一个分布式电容并联

电阻器的质量判别方法与检测

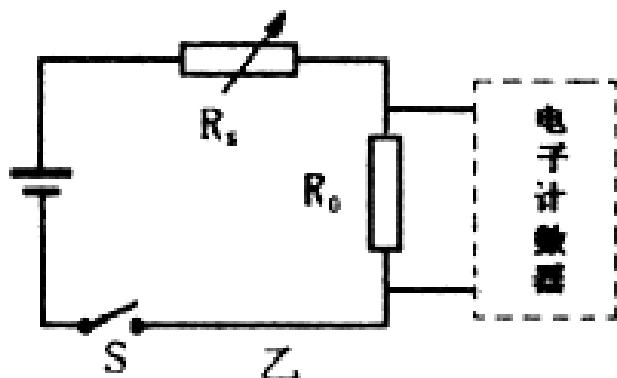
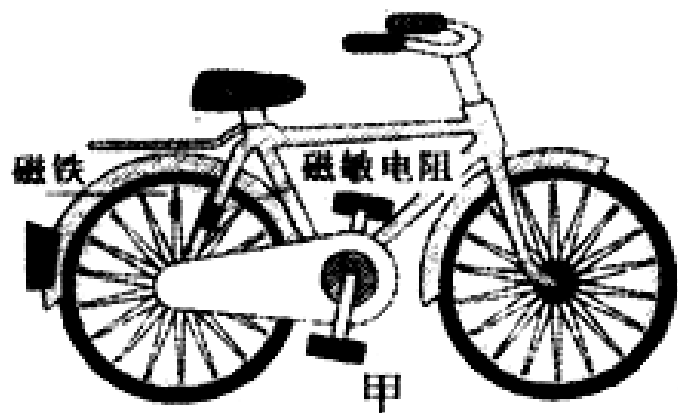


- 电阻的质量判别方法：
- 从外观上进行检查，看外形是否端正、标志是否清晰、保护漆层完好。
- 使用万用表适当的欧姆档量程测量该电阻的阻值，将此值和该电阻的标称值比较。
- 将电阻一端与电路断开测量。
- 测量高阻值($>100\text{k}\ \Omega$)时,不允许用手触表笔
- 精确测量电阻值需要使用电桥---惠斯通电桥



敏感电阻的简单应用——自行车速度计

利用**磁敏电阻**为自行车设计了一个速度计，如图所示。已知电源电压为6V，当磁铁与磁敏电阻 R_s 靠得最近时阻值为 200Ω ，离得最远时阻值为 400Ω ，靠近或远离时的实际电阻在这两者之间变化；当 R_0 两端电压不低于4.5V时电子计数器就能有效计数，低于4.5V则不计数。为保证电子计数器有效工作，电阻 R_0 最小阻值为多少 Ω ？某次行驶中，小明发现5分钟恰好完整计数了300次，车轮的周长为3m，则这段时间内行驶的平均速度为多少km/h？



600 Ω

10.8km/h

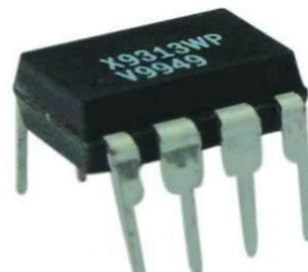
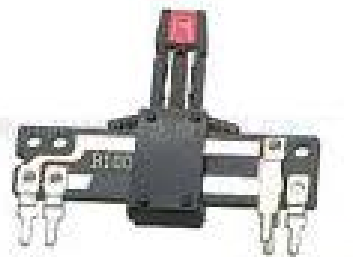
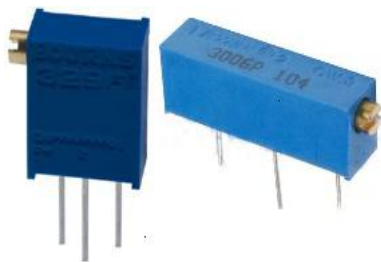
电位器(Potentiometers)

- 电位器是一种阻值可以在一定范围内调节的电阻器，有时也称为可变电阻器，分为可变和半可变电位器。
- 用途：用于经常需要改变阻值的电路中，比如：
 - 音量、音调、声道控制----变阻器
 - 电视机中的亮度、对比度----变阻器
 - 直流电流表扩大量程----分流器
 - 设定给定值----分压器
 - 反映开度变化----传感器

电位器外形与符号



a) 单联式位器 b) 双联式电位器 c) 线绕多圈电位器 g) 滑线变阻器

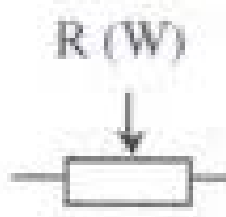


d) 多圈精密电位器 e) 直滑式电位器 f) 数字电位器 h) 多圈带标 (X/D/Z) 电位器



j) 单圈电位器

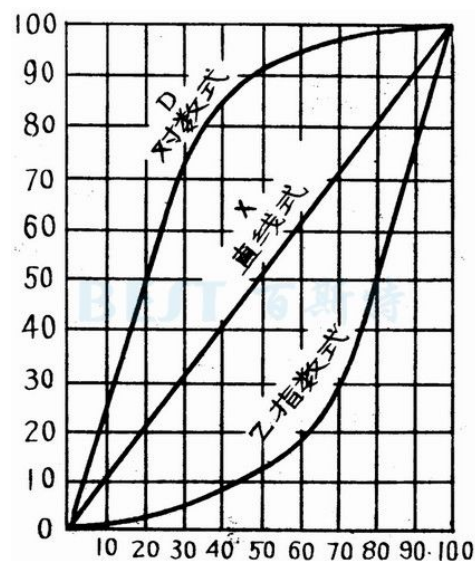
可调电位器



微调电位器

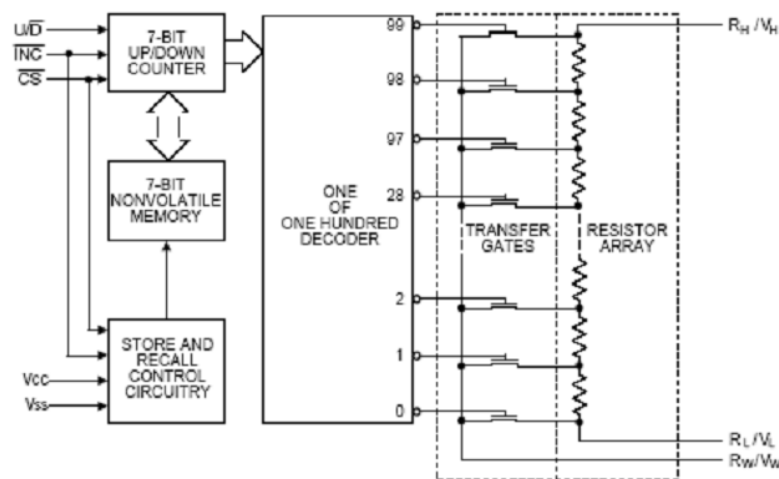
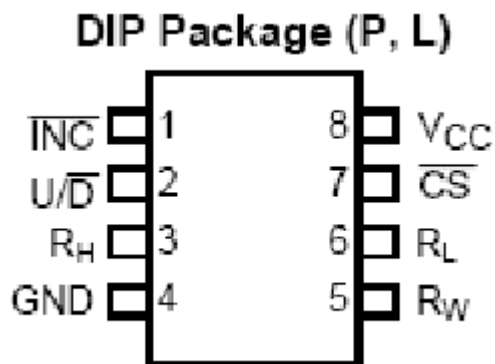
电位器的种类

- 按调节方式：旋转(单圈、多圈)、直滑
- 按联数：单联、双联
- 按有无开关：带开关(旋转、推拉)、无开关
 - ▣ 例：收音机将音量开关与电源开关合一
- 按输出函数特性-阻值与操作量关系：
 - ▣ 线性(X/B)----声道平衡
 - ▣ 对数(D/C)----音调控制
 - ▣ 指数(Z/A)----音量控制
- 按驱动方式：手动调节、电动调节



一种特殊的数字电位器(也算电驱动吧)

- 数字电位器：半导体集成电路，它通过一组数控模拟开关来控制阻值的改变。
- 优点：无机械触点，寿命长。
- 应用：音频视频设备和数字系统。
- 例子：100抽头可编程数字电位器CAT5113

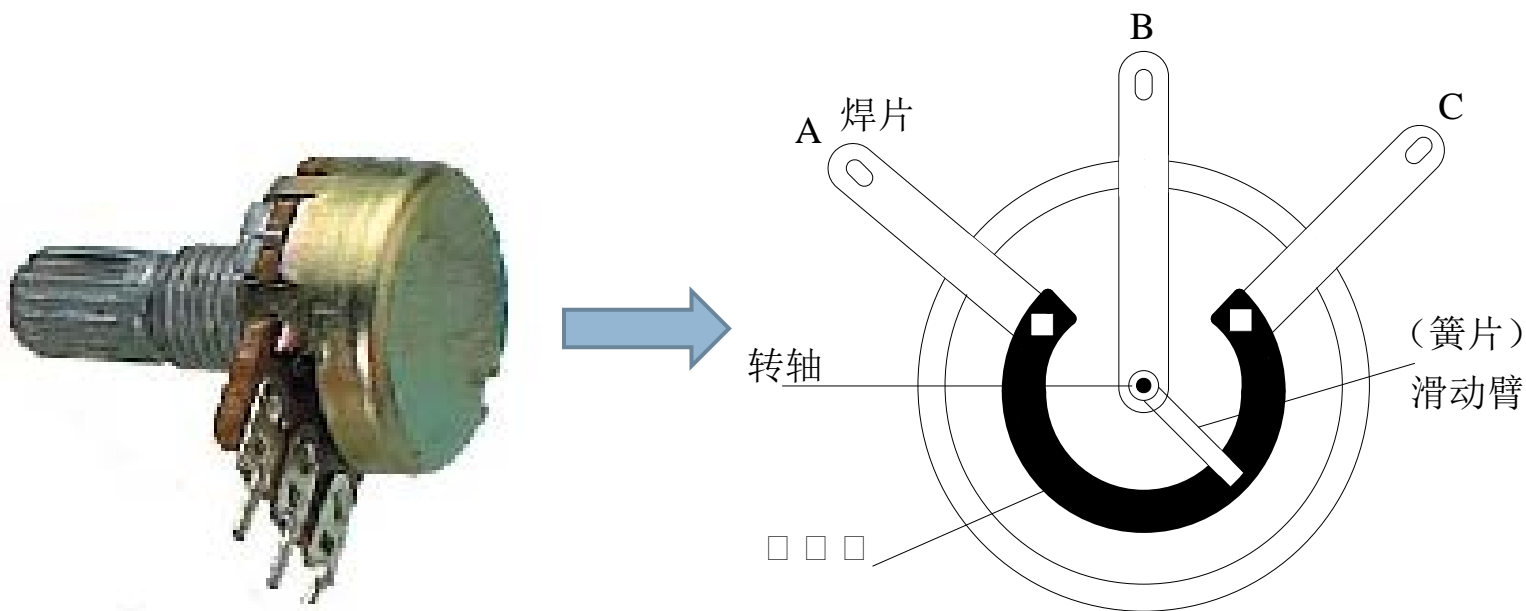


一般电位器的命名

第一部分：主称 符号	意义	第二部分：材料 符号	意义	第三部分：特征 符号	意义	第四部分：序号
W	电位器	T	碳膜	1	普通	对主称、材料相同，仅性能指标尺寸大小有区别，但基本不影响互换使用的产品，给同一序号；若性能指标、尺寸大小明显影响互换时，则在序号后面用大写字母作为区别代号。
		H	合成膜	2	普通	
		S	有机实芯	3	—	
		N	无机实芯	4	—	
		J	金属膜	5	—	
		Y	氧化膜	6	—	
		C	沉积膜	7	精密	
		I	玻璃釉膜	8	特殊函数	
		P	硼酸膜	9	特殊	
		U	硅酸膜	G	—	
		X	线绕	T	—	
				W	微调	
				D	多圈	
				X	小型	

电位器的结构和工作原理

- 以旋转式电位器为例，电位器主要由电阻体、滑动片、转动轴、焊片和外壳等组成。其结构如下图。



电位器的主要参数----几个重要的

- 标称阻值:名义阻值, 与电阻一样
- 额定功率:在直流或交流电路中, 当大气压为 $87\sim 107\text{kPa}$, 在规定的额定温度下两个固定端上长期连续负荷所允许消耗的最大功率。
- 符合度: 电位器的实际输出函数特性和所要求的理论函数特性之间的符合程度。它用实际特性和理论特性之间的最大偏差对外加总电压的百分数表示。
- 阻值变化特性:线性? 对数? 指数?
- 零位电阻:动触点滑到固定端时两端电阻。

电位器的主要参数----其他的

- 分辨率(分辨力): 电位器的理论精度
 - ▣ 线绕电位器和线性电位器: 用动触点在绕组上每移动一匝所引起的电阻变化量与总电阻的百分比表示, 即绕线总匝数 N 的倒数。
 - ▣ 函数特性的电位器: 由于绕组上每一匝的电阻不同, 故分辨力是个变量。所以函数特性曲线上斜率最大一段的平均分辨力。
- 滑动噪声: 电位器电阻分配不当、转动系统配合不当以及电位器存在接触电阻等原因造成的叠加在信号上的噪声。
- 耐磨性: 电位器在规定的试验条件下, 动触点可靠运动的总次数, 常用"周"表示。

电位器的标注

- 电位器一般均采用直标法，在电位器外壳上用字母和数字标志着它们的型号、标称功率、阻值、阻值与转角间的关系等。
- ▣ 例1：WT-II-1-1k-X电位器表示为单联碳膜电位器II型，功率为1W，阻值为1k Ω ，曲线为直线性
- ▣ 例2：看看下面两个标注，表示什么？





电位器的选用

- 电位器的选用同样要遵守电阻选用规范要求
 - ▣ 功率、表面温度、工作电压、强电电路使用环境、电阻的高频特性
- 同时注意：
 - ▣ 阻值变化性的选择---根据用途
 - ▣ 要求高分辨率可选用非线绕电位器和多圈电位器
 - ▣ 调节后不需要再动的，选用微调电位器



电位器的质量与判别方法

□ 对电位器的主要要求

- ▣ 阻值符合要求
- ▣ 中心滑动端与电阻体之间接触良好，转动平滑
- ▣ 对带开关电位器，开关部分应动作准确可靠、灵活

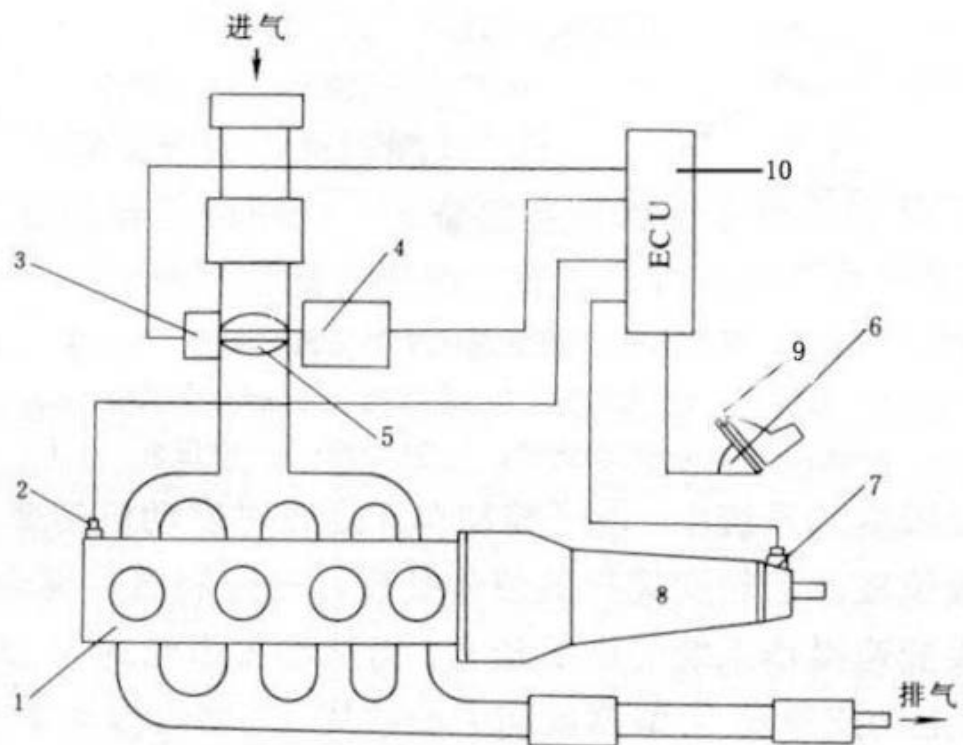
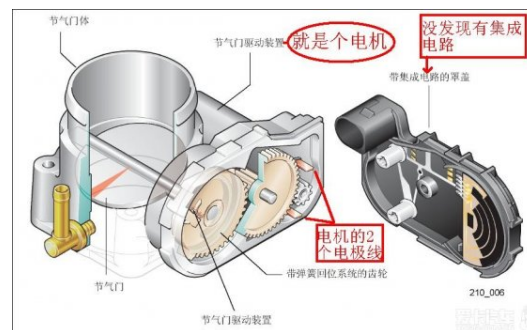
□ 电位器判别方法

- ▣ 机械部件检测：机械部件完好？通断音？旋转顺畅？
- ▣ 阻值的测量：测量固定端间的阻值是否与标称阻值一致，同时旋动滑动触头，其值应固定不变
- ▣ 测量滑动端与电阻体接触情况：测量过程中，慢慢旋转转轴，正常情况，读数平稳地朝一个方向变化
- ▣ 滑动端与固定端重合电阻：残留值 $<5\Omega$ 属正常现象
- ▣ 绝缘性：各端子、外壳、转轴间的绝缘电阻是否够大

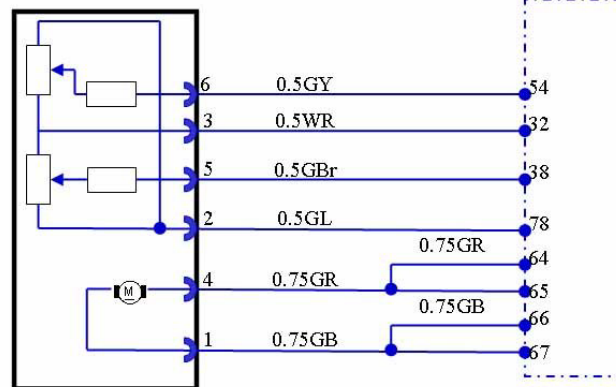
电位器的一个应用--电子节气门控制系统

基本结构

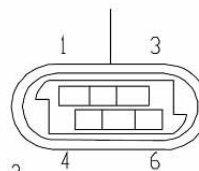
- 1 发动机, 2 转速传感器, 3 节气门位置传感器, 4 节气门执行器, 5 节气门, 6 加速踏板位置传感器, 7 车速传感器, 8 变速器, 9 加速踏板, 10 节气门电子控制单元 (ECU)



节气门位置传感器



节气门位置传感器插头:



- 1#: 节气门控制执行电机; 4#: 节气门控制执行电机
2#: 节气门位置传感器接地; 5#: 节气门位置传感器1;
3#: 节气门位置传感器电源; 6#: 节气门位置传感器2;

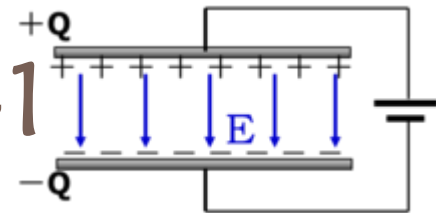
电容器(Capacitor)

- 基本概念
- 常用电容实物图
- 型号命名方式
- 分类
- 主要参数
- 标识方法
- 用途
- 常用电容器与特点
- 选用

- 注意事项
- 检测
- 应用

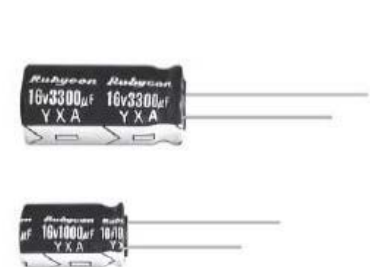


电容器(Capacitor)基本概念-1



- 电容器由两个相互靠近的导体之间夹一层不导电的绝缘材料(电介质)构成。电流是通过电场的形式在电容器间通过的。
- 电容通常用字母C表示，电容的基本单位用法拉(F)
$$1\text{F}=10^3\text{mF}=10^6\text{uF}=10^9\text{nF}=10^{12}\text{pF}$$
- 电容决定式： $C=\epsilon S/4\pi kd$
 - ▣ 静电力常量 $k=8.988*10^9$, ϵ 介电常数
- 电容器的电容量C反映电容器储能能力的强弱
$$C=Q/U \quad i = Cdu / dt$$

实物图与符号



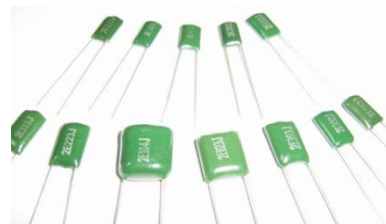
a) 电解电容器



b) 陶瓷电容器



c) 瓷片电容器



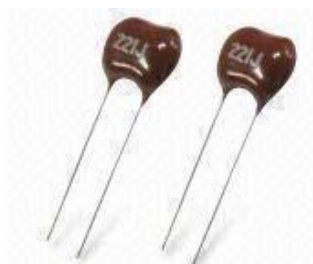
d) 涤纶电容器



i) 穿心电容器



e) 可调电容器



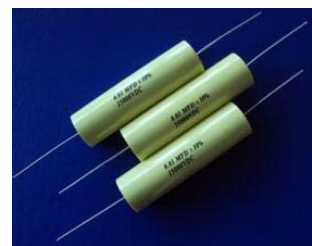
f) 云母电容器



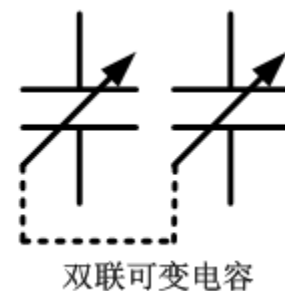
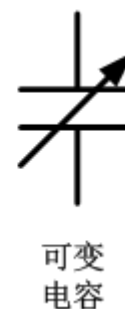
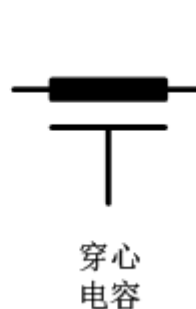
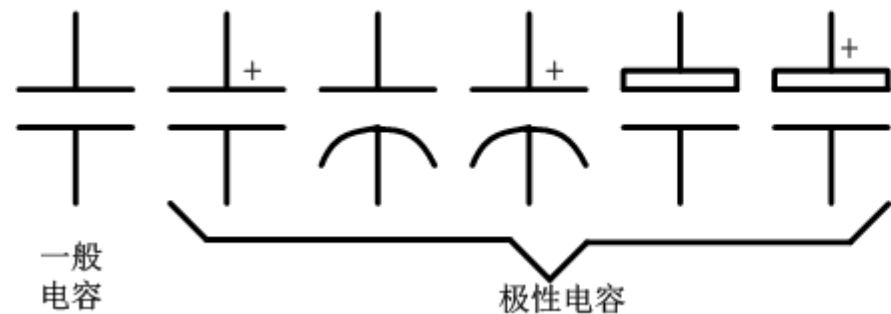
g) 贴片电容器



h) 独石电容器



j) 无感电容器



国产型号命名方式---与电阻类似，但不适用于压敏、可变、真空电容器

□ 国产命名依次分别代表名称、材料、分类和序号。

书本P53-P54：表3-5和表3-6

□ 第一部分：名称，用字母表示，电容器用C。

□ 第二部分：材料，用字母表示。

□ 第三部分：分类，一般用数字表示，个别用字母表示。

□ 第四部分：序号，用数字表示，以区别电容器的外形尺寸及性能指标

□ 例： CBB20

□ 注：各国电容器的型号命名很不统一

外国型号命名方式----

- 命名依次分别代表类型、结构、温度特性、耐压、容量、偏差
- 第一部分用字母表示电容器的类型。
- 第二部分用数字表示外形结构。
- 第三部分用字母表示温度特性。
- 第四部分用字母或数字表示耐压值。
- 第五部分用数字表示标称容量。
- 第六部分用字母表示允许偏差。

电容器分类



□ 按照结构分类

- 固定电容器
- 可变电容器
- 微调电容器

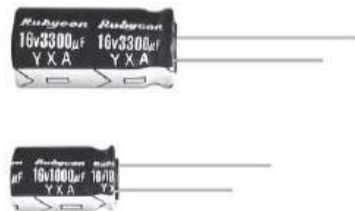
□ 按电解质分类

- 有机介质电容器
- 无机介质电容器
- 电解电容器
- 空气介质电容器

□ 按用途分类

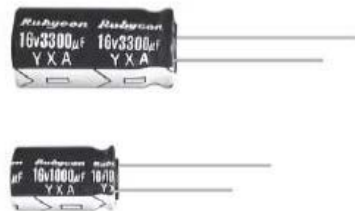
- 高频旁路
- 低频旁路
- 滤波
- 调谐
- 高频耦合
- 低频耦合
- 小型电容器

主要参数-1



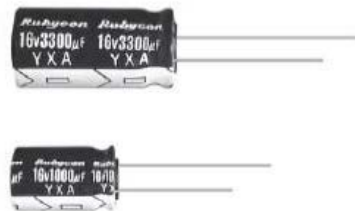
- 标称电容量：标志在电容器上的电容量
- 允许偏差：实际电容量与标称偏差—表达精度
精度等级：01(1%)、02(2%)、I (5%)、II (10%)、III (20%)、IV (-30%~+20%)、V (+50%~-20%)、VI (-10%~+100%)，一般电容器常用 I、II、III 级，电解电容器用 IV、V、VI 级，根据用途选取。
- 额定电压：在最低环境温度和额定环境温度下可连续加在电容器的最高直流电压有效值，一般直接标注在电容器外壳上，如果工作电压超过电容器的耐压，电容器击穿，造成不可修复的永久损坏。

主要参数-2



- 绝缘电阻:直流电压加在电容上, 并产生漏电流, 两者之比称为绝缘电阻, 其值越大越好。当电容较小时, 主要取决于电容的表面状态;容量 $> 0.1\mu\text{f}$ 时, 主要取决于介质的性能。
- 电容的时间常数: 为恰当的评价大容量电容的绝缘情况而引入了时间常数, 他等于电容的绝缘电阻与容量的乘积 $R_{\text{ins}}C$ 。
- 频率特性:随着频率的上升, 一般电容器的电容量呈现下降的规律。

主要参数-3



- 损耗:电容在电场作用下, 在单位时间内因发热所消耗的能量叫做损耗。
 - ▣ 各类电容都规定了其在某频率范围内的损耗允许值
 - ▣ 电容的损耗主要由介质损耗, 电导损耗和电容所有金属部分的电阻所引起的。

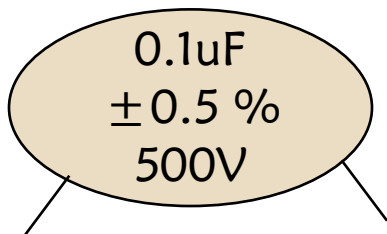
在直流电场的作用下, 电容器的损耗以漏导损耗的形式存在, 一般较小。
 - ▣ 在交变电场的作用下, 电容的损耗不仅与漏导有关, 而且与周期性的极化建立过程有关。

标识方法

- 直标法----用数字和单位符号直接标出。
- 数码表示法----用数字有规律组合来表示容量。
- 文字符号法----用文字符号有规律组合来表示容量。
- 色标法---不常用，用色环或色点表示电容器的主要参数。方法与电阻相同，一般用三环。
- 电容器偏差标志符号：
 - $B = \pm 0.1\text{pF}$, $C = \pm 0.2\text{pF}$, $D = \pm 0.5\text{pF}$
 - $F = \pm 1\%$, $G = \pm 2\%$, $J = \pm 5\%$, $K = \pm 10\%$,
 $M = \pm 20\%$
 - $H = +100\% \sim -0$, $R = +100\% \sim -10\%$,
 $T = +50\% \sim -10\%$, $Q = +30\% \sim -10\%$,
 $S = +50\% \sim -20\%$, $Z = +80\% \sim -20\%$

标识方法----直标法

□ 直标法：用数字和单位符号直接标出。

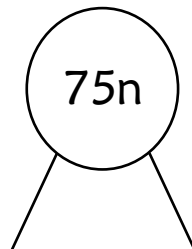
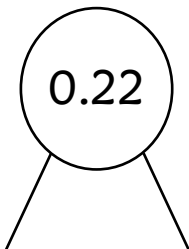
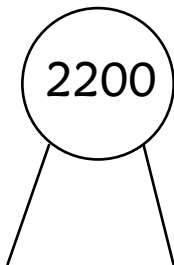


$C=0.1\mu\text{F}$ 有的电容上uF用MFD (MICROFARAD)表示

误差 = $\pm 0.5\%$ 耐压 500V

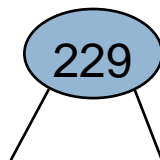
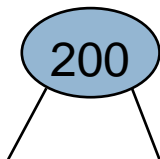
- 凡不带小数点的整数，若不标单位，则单位为pF。如2200
- 带小数点的数，不标单位，单位为uF。如01uF表示0.01微法，也有用“R”表示小数点的，如R56表示0.56微法
- 小型电容，耐压在100V以下的可不标。

□ 思考：下面电容值是什么？



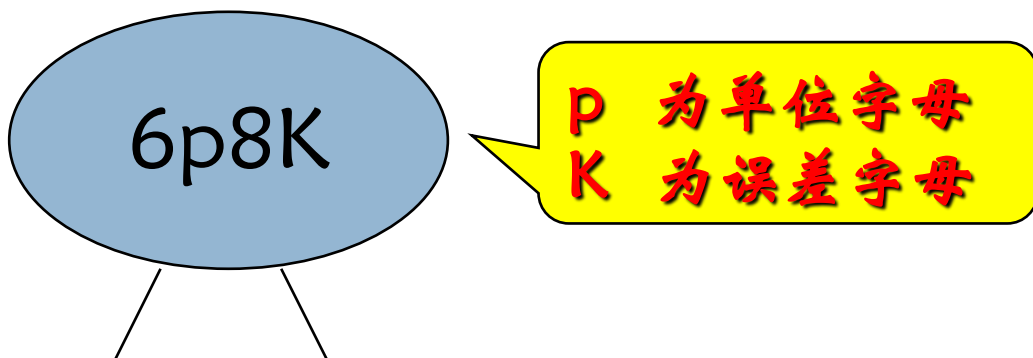
标识方法----数码表示法

- 数码法：用三位数表示电容器容量，第1、2位：有效数，第3位：乘数（ $\times 10^n$ ），通常以pF作为单位。有两个特殊情况：
 - ▣ 1、若第3位数为9，则表示乘数量为 10^{-1} 。
 - ▣ 2、若第3位数为0，同直标法。
- 例：202M表示2000pF，偏差 $\pm 20\%$
- 思考：下面电容值是什么？



标识方法-文字符号法

- 文字符号法：用字母和数字有规律组合表示电容器的参数。
- 如p10表示0.1pF, 1p0表示1pF, 6P8表示6.8pF, 2u2表示2.2uF
- 思考：下面电容值和误差分别是什么？



电容器的用途



- 隔直通交
- 高频旁路：陶瓷、云母、玻璃膜、涤纶、玻璃釉电容器
- 低频旁路：纸介、陶瓷、铝电解、涤纶电容器
- 滤波：铝电解、纸介、复合纸介、液体钽电容器
- 调谐：陶瓷、云母、玻璃膜、聚苯乙烯电容器 LC电路
- 高频耦合：、云母、聚苯乙烯电容器
- 低耦合：纸介、陶瓷、铝电解、涤纶、固体钽电容器
- 小型电容：金属化纸介、陶瓷、铝电解、聚苯乙烯、固体、玻璃釉、金属化涤纶、聚丙烯、云母电容器
- 储能：超级电容、无功补偿电容

电容器(Capacitor)用途-隔直通交

- 隔直：电容器接通直流电源时，**仅仅在刚接通的短暂时间内发生充电过程**，在电路中形成充电电流。充电结束后，因电容器两端的电压等于电源电压不再发生变化，所以电容器电路中的电流为零，相当于电容器把直流电流隔断。
- 通交：当电容器接通交流电源时（交流电的最大值不允许超过电容器的额定工作电压），由于交流电源电压的大小和方向随时间不断变化，**电容器不断地进行充放电**，所以电路中就会反复出现充放电电流，相当于交流电流能够通过电容器。
- 在电路中，可以通过串联电容将信号中直流成分阻断，而**让交流成分顺利传递到后级电路**
- 隔直电容的大小应该由**交流信号的最低频率**来决定

电容器(Capacitor)用途- 旁路

- 旁路电容是为本地器件提供能量的储能器件，它能使稳压器的输出均匀化，降低负载需求。
- 旁路电容一般是指高频旁路(也是去耦的)，也就是给高频的开关噪声提供一条低阻抗泄放途径。旁路电容能够被充电，并向器件进行放电。
- 为减少阻抗，旁路电容要靠近负载器件的供电电源管脚和地管脚。旁路是把输入信号中的干扰作为滤除对象。这能够很好地防止输入值过大而导致的地电位抬高和噪声。地电位是地连接处在通过大电流毛刺时的电压降。
- 高频旁路电容一般比较小，根据谐振频率一般取 $0.1\ \mu\text{F}$ 、 $0.01\ \mu\text{F}$ 等。

电容器(Capacitor)用途- 去耦(解耦)

- 耦合：如果负载电容比较大，驱动电路要把电容充电、放电，才能完成信号的跳变，在上升沿比较陡峭的时候，电流比较大，这样驱动的电流就会吸收很大的电源电流。由于电路中的电感，电阻（特别是芯片管脚上的电感，会产生反弹）存在，这种电流实际上就是一种噪声，会影响前级的正常工作，这就是所谓的“耦合”。
- 去耦电容就是起到一个“电池”的作用，满足驱动电路电流的变化，避免相互间的耦合干扰，在电路中进一步减小电源与参考地之间的高频干扰阻抗。
- 去耦是把输出信号的干扰作为滤除对象，防止干扰信号返回电源。
- 去耦合电容的容量一般较大，可能是 $10\mu\text{F}$ 或者更大，依据电路中分布参数、以及驱动电流的变化大小来确定

电容器(Capacitor)用途-滤波



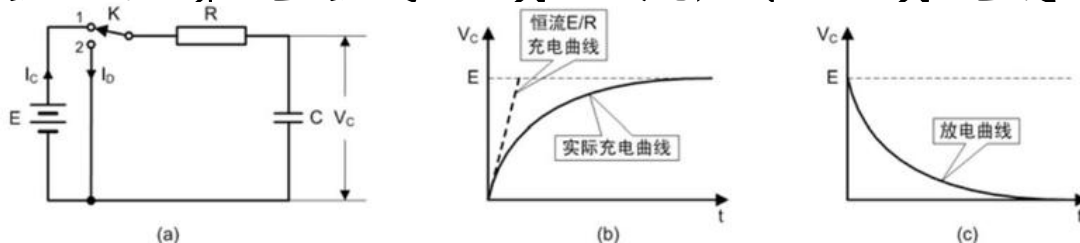
- 从理论上说，电容越大，阻抗越小，通过的频率也越高。
- 但超过 $1\mu\text{F}$ 电容大多为电解电容，有很大的**电感成份**，所以频率高后反而阻抗会增大。
- 所以一般有一个电容量较大电解电容并联了一个小电容，这时大电容（ $1000\mu\text{F}$ ）通低频，小电容（ 20pF ）通高频。
- 由于电容的两端电压不会突变，频率越高，峰值电流就越大，从而缓冲了电压。可很形象的说电容像个水塘，不会因几滴水的加入或蒸发而引起水量的变化。
- 穿心电容具有接近理想电容的滤波效果。它是**三端**电容，接地端面积比较大。正是有接地端的存在使穿心电容**接地电感**非常小，**引线电感**非常小，输入输出端被接地端金属板隔离消除了高频耦合。



电容器(Capacitor)用途- 储能



容纳电荷的容器：靠电容的正负极板，把正负电荷储存在极板上



用于储能的电容器通过整流器收集电荷，并将存储的能量通过变换器引线传送至电源的输出端。电压额定值为40~450VDC、电容值在220~150 000 μF 之间的铝电解电容是较为常用的。

根据不同的电源要求，器件有时会采用串联、并联或其组合的形式，对于功率级超过10KW 的电源，通常采用体积较大的罐形螺旋端子电容器。----变成成套电容装置

超级电具有快充快放、高功率密度、输出功率、上万次的寿命长，可用于车辆制动能量回收系统等。其工作原理基于电极和电解液中的正负离子间的相互作用，电极表面积越大正负离子间的相互作用越强，电容就越大。

常用电容器与特点

- 有机介质电容器：包括纸质、金属化纸介电容器和常见的涤纶、聚苯乙烯、聚丙烯等有机薄膜类电容器。
- 无机介质电容器：包括用陶瓷、云母、玻璃等无机材料制成的电容器。
 - 瓷介电容器
 - 陶瓷电容器
 - 云母电容器
 - 玻璃釉电容器
- 电解电容器

常用电容器与特点---有机介质电容器

■ **有机介质电容器：**纸质、金属化纸介电容器和常见的涤纶、聚苯乙烯、聚丙烯等有机薄膜类电容器。

■ 优点

- 由于膜的厚度可以做得很薄，易于卷绕，所以这种电容器的电容量和工作电压范围很宽。
- 有机介质材料大多是合成的高分子聚合物，原料丰富，品种繁多，有利于有机介质电容器的发展。
- 介电损耗小

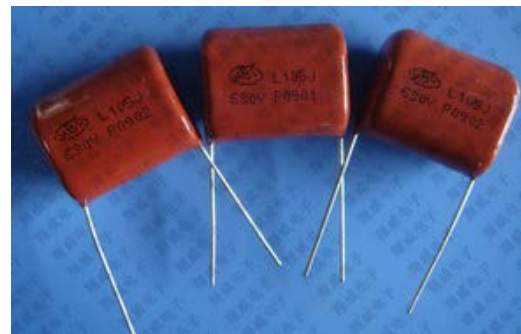
■ 缺点

- 有机介质易于老化，电容器的性能会逐渐降低
- 有机介质的热膨胀系数较大，电容器的稳定性较差
- 有机介质的耐热性差，电容器的工作温度上限受到限制
- 不能做成大的容量

三种有机介质电容器

□ 聚酯（涤纶）电容（CL）

- 电容量：40p~4u 额定电压：63~630V
- 主要特点：小体积，大容量，耐热耐湿，稳定性差
- 应用：对稳定性和损耗要求不高的低频电路



□ 聚苯乙烯电容（CB）

- 电容量：10p~1u 额定电压：100V~30KV
- 主要特点：稳定，低损耗，体积较大
- 应用：对稳定性和损耗要求较高的电路

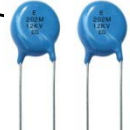
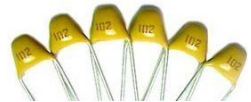




□ 聚丙烯电容（CBB）

- 电容量：1000p~10u 额定电压：63~2000V
- 主要特点：性能与聚苯相似但体积小，稳定性略差
- 应用：代替大部分聚苯或云母电容，用于要求较高的电路



四种无机介质电容器

- **陶瓷电容器(有穿心式或支柱式)**: 在陶瓷基体两面喷涂银层, 然后烧成银质薄膜作极板制成, 其特点是体积小、耐热性好、损耗小、绝缘电阻高。有高频与低频**瓷介电容之分**。低频瓷介电容器用在对稳定性和损耗要求不高的场合或工作频率较低的回路中起旁路或隔直流作用, 它易被脉冲电压击穿, 故不能使用在脉冲电路中。高频瓷介电容器适用于高频电路。 高频: $1 \sim 6800\text{p}$ 低频: $10\text{p} \sim 4.7\text{u}$ 
- **独石电容器(多层陶瓷电容器)**: 在若干片陶瓷薄膜坯上被覆以电极浆材料, 叠合后一次烧结成一块不可分割的整体, 外面再用树脂包封而成小体积、大容量、高可靠和耐高温的电容器, 高介电常数的低频独石电容器也具有稳定的性能, 体积小, Q 值高容量误差较大噪声旁路、滤波器、积分、振荡电路。 $0.5\text{p} \sim 1\text{u}$ 
- **云母电容器**: 用金属箔或在云母片上喷涂银层作电极板, 极板和云母一层一层叠合后, 再压铸在胶木粉或封固在环氧树脂中制成, 其特点是介质损耗小、绝缘电阻大、温度系数小, **适用于高频电路**, 
- **玻璃釉电容器**: 由一种浓度适于喷涂的特殊混合物喷涂成薄膜而成, 介质再以银层电极经烧结而成“独石”结构性能可与云母电容器媲美, 其特点是具有瓷介电容器的优点, 且体积更小, 耐高温, **适用于高频电路**。 $10\text{p} \sim 0.1\text{u}$ 

常用电容器与特点----铝电解电容器

- 铝电解电容器：用浸有糊状电解质的吸水纸夹在两条铝箔中间卷绕而成，薄的氧化膜作介质。氧化膜有单向导电性质，电解电容器具有极性。
- 电容量： $0.47 \sim 10000\mu$ 额定电压： $6.3 \sim 450V$
- 主要特点：体积小，容量大(误差也大)，能耐受大的脉动电流、发热损耗大，绝缘性能差、漏电流大，长期存放可能会因电解液干涸而老化
- 应用：大容量场合的电源滤波，低频耦合，去耦，旁路等，不适于在高频和低温下应用，不宜使用在 $25kHz$ 以上频率



常用电容器与特点----钽/铌电解电容器

- 钽电解电容器(CA)和铌电解电容(CN)是其替代：用烧结的钽(铌)块作正极,电解质使用固体二氧化锰
- 电容量：0.1~1000u 额定电压：6.3~125V
- 主要特点：各种指标优于铝电解电容，若损坏易呈短路状态
- 应用：在要求高的电路中代替铝电解电容，应用于超小型高可靠机件中。



电容选用----详细见网站中的资料

□ 选用电容器的基本思路

- 满足电子设备对电容器主要参数的要求
- 选用符合电路要求的类型
- 从电容器的外表面和形状上考虑



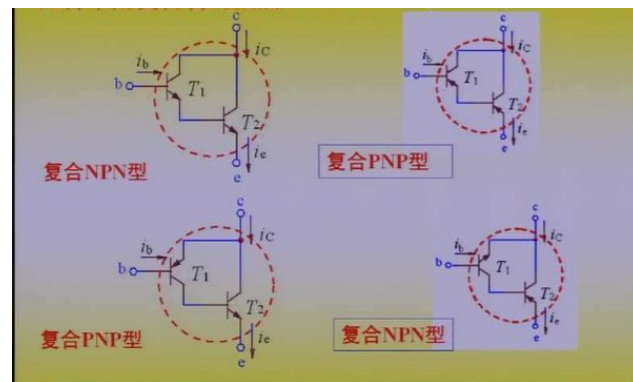
- 根据不同的电路以及电路中信号频率的高低选择合适的型号，合理确定电容器的精度与电容器的额定工作电压以及容量，尽量选择绝缘电阻大的电容，同时考虑温度系数和频率特性以及使用环境。

使用注意事项、故障处理

- 容量较大的电容在进行维护前必须确保储电已释放。
 - ▣ 利用接地棒多次对电容器放电，直至无火花和放电声为止，之后，运行或检修人员在接触故障电容器前，还应戴好绝缘手套，并用短路线短接故障电容器的两极以使其放电。
- 电容器出现外壳膨胀或漏油、闪络火花、爆炸着火、内部声音异常、外壳温升高于 55°C 时应立即切断电源再处理灾情。
- 使用电容前首先要检测电容是否有漏电、内部短路和开路的情况。

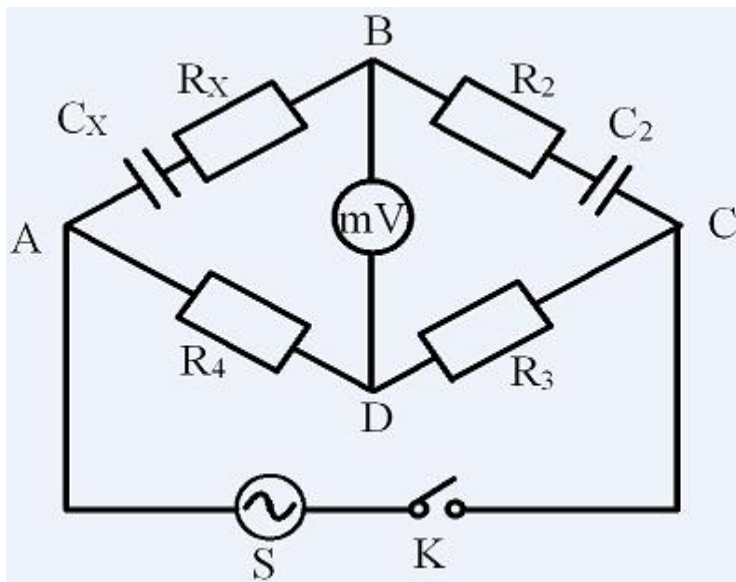
固定电容器的电容检测-1

- 10pF以下的小电容:因10pF以下的固定电容器容量太小,用万用表($R \times 10k$ 挡)进行测量,只能定性检查其是否有漏电,内部短路或击穿现象,不能明显地看出充电现象。
- 10PF \sim 1 μ F固定电容器:用万用表($R \times 1k$ 挡)看是否有充电现象,判断其好坏。为了方便观察,采用两只三极管的 β 值均为100以上(如3DG6)的复合管放大被测电容的充放电过程,使万用表指针摆幅度加大,从而便于观察。
- 对于001 μ F以上的固定电容:用万用表($R \times 10k$ 挡)直接测试电容器有无充电过程以及有无内部短路或漏电,并可根据指针向右摆动的幅度大小估计出电容器的容量。



固定电容器的电容检测-2

□ 电容量的测量可以采用电桥法测量



当电桥平衡时

$$R_X + \frac{1}{j\omega C_X} = \frac{R_4}{R_3} \left(R_2 + \frac{1}{j\omega C_2} \right)$$

求得：

$$C_X = \frac{R_3}{R_4} C_2$$

$$R_X = \frac{R_4}{R_3} R_2$$

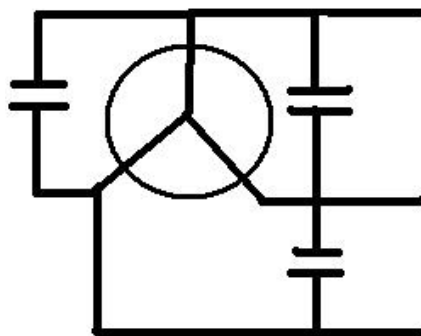
$$\tan \sigma = \omega R_X C_X = R_2 C_2 \omega$$

R_X 为电容的漏电阻， C_X 为电容量， σ 为电容器的损耗角，而 $\tan \sigma$ 常用来表示电容器的损耗

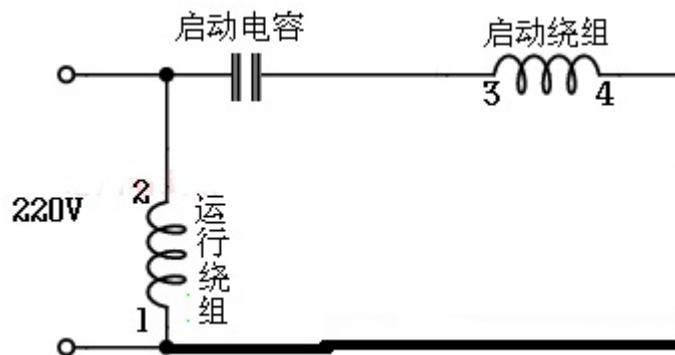
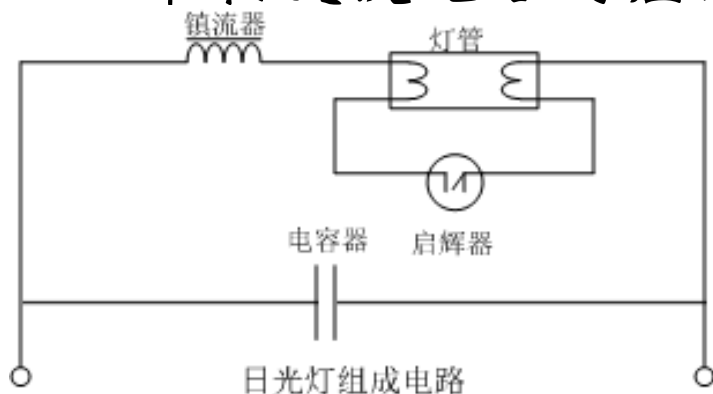
电容的应用举例

□ 交流电容---无极性电容

- ▣ 三相交流电容----对异步电动机补无功与对异步发电机产生激磁



- ▣ 单相交流电容的应用----提高功率因数与启动单相电机

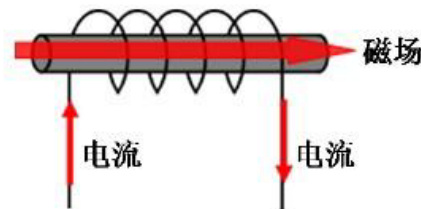


电感器(Inductor)

- 基本概念
- 常用电感实物图
- 分类
- 主要参数
- 标识方法
- 用途及与磁珠的区别
- 选用
- 检测



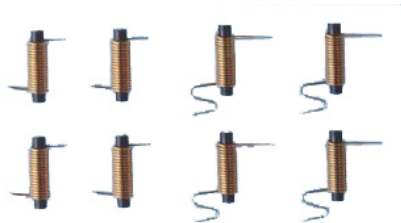
电感器



- 电感器(电感或电感线圈): 导线在绝缘骨架上单层或多层绕制而成的线圈, 当电流通过线圈时, 电感内部及其周围都要产生磁场, 并储存磁能---电磁感应。
- 电感通常用字母L表示, 电感的单位用亨利(H)、毫亨(mH)和微亨(μH)表示。单位换算关系是: $1\text{H}=10^3\text{mH}=10^6\mu\text{H}$
- 决定式:
- 电感量L反映电感器储能能力的强弱

$$L = \Psi / I \quad u = L di / dt$$

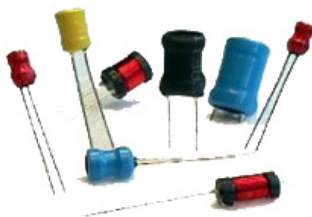
常用电感实物图



a) 功率电感



b) 可调电感



c) 磁芯电感



d) 环形电感



普通电感



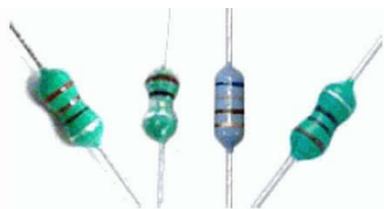
微调电感



可调电感



e) 卧式电感



f) 色环电感



g) 贴片电感

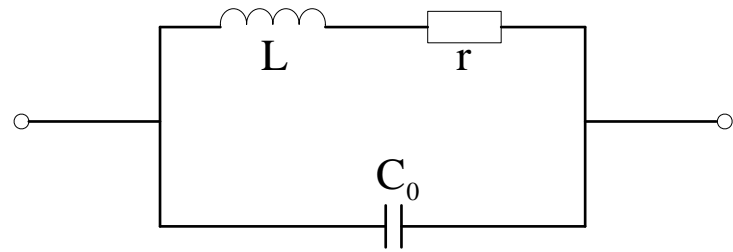


h) 共模电感

分类

- 按工作特性分：固定、可变
- 按有无磁心分：空心、磁心
- 按安装形式分：立式、卧式、小型固定式
- 按工作频率分：高频、低频
- 按应用场合分：天线线圈、振荡线圈、扼流线圈、滤波线圈、陷波线圈、偏转线圈

主要参数 等效电路



- 电感量(自感系数): 产生自感能力的物理量
- 允许偏差: 标称与实际电感量的允许差值
- 品质因数(Q值): 品质因数是衡量电感器质量的主要参数, 反映电感线圈损耗大小 $Q = \frac{2\pi f L}{r}$
- 固有频率: 电感由于其自身的结构存在分布电容 \rightarrow 会产生谐振 $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ (Hz)
- 额定电流: 在允许的工作环境下能承受的最大电流值。通常以A(50mA)、B(150mA)、C(300mA)、D(700mA)、E(1500mA)表示。

标识方法

- 直标法：在电感线圈的外壳上直接用数字和文字标出电感线圈的电感量，允许偏差及最大工作电流等主要参数，或者按一定规律组合在电感体上。
允许偏差：A(0.05%)、B(0.1%)、C(0.25%)、D(0.5%)、F(1%)、G(2%)、J(5%)、K(10%)、M(20%) 如：560 μ HK、4R7K、4N7G
- 色标法：用色环表示电感量，单位为mH，第一二位表示有效数字，第三位表示倍率，第四位为误差。电感器的色标法与电阻类似。

电感的用途



- 通直流、阻交流（阻碍线路中电流的变化），频率越高，线圈阻抗越大。
 - ▣ 当交流信号通过线圈时，线圈两端将会产生自感电动势，自感电动势方向与外加电压方向相反，阻碍交流的通过。
 - ▣ 对直流呈通路状态，如果不计电感线圈的电阻，那么直流电可以“畅通无阻”地通过电感。
- 电感器在电路中主要起到中低频滤波、LC振荡、延迟、陷波等作用，还有筛选信号、过滤噪声、稳定电流及抑制电磁波干扰等作用。通常与电容结合起来使用。其应用频率范围很少超过50MHz。
 - ▣ 显示器数据线与笔记本电源线上突出的圆柱体实际上就是电感，对电磁干扰高频脉冲是高阻的。

磁珠---看上去像电感的东东



- 磁珠按照它在某一频率(100MHz)产生的**阻抗**来标称的，所以其单位是欧姆。**铁氧体**是主要材料。
- 磁珠的三个参数：初始磁通量、居里温度、工作频率(磁芯材料)
- 磁珠是能量转换 (**消耗**) 器件，不同于电感。
- 磁珠在信号回路中用于EMC对策，不同于电感。
- **磁珠**主要用于抑制电磁**辐射**干扰，而**电感**用于这方面则侧重于抑制**传导**性干扰，两者都可用于处理EMC、EMI问题。
- 磁珠是用来吸收超高频信号，象一些RF电路，PLL，振荡电路，含超高频存储器电路都需要在电源输入部分加磁珠。
- 在模拟地和数字地结合的地方、对信号线采用磁珠。

电感的选用

□ 按工作频率的要求选择：

- ▣ 几百kHz~几MHz间的电感最好用铁氧体芯，并以多股绝缘线绕制；
- ▣ 几MHz~几十MHz间的电感宜采用单股镀银粗铜线绕制，磁芯采用短波高频铁氧体或用空心线圈；
- ▣ $>100\text{MHz}$ 时，采用空心线圈。

□ 选用骨架：

- ▣ 高频场合 高频瓷作为骨架，以减小高频损耗
- ▣ 其他场合 塑料、胶木和纸

□ 选用机械结构

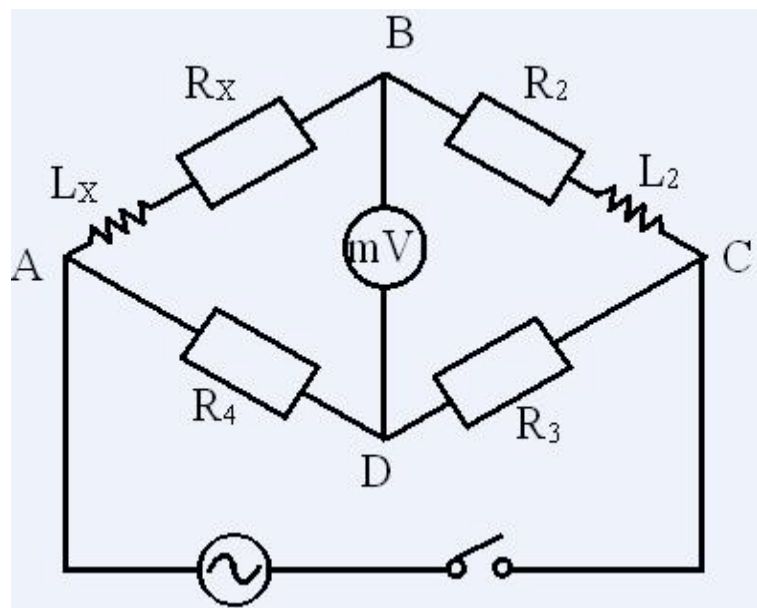
□ 环境和成本

电感的检测-1

- 外观检察：是否完好
- 测量电感阻值将万用表打到蜂鸣二极管档，把表笔放在两引脚上，看万用表的读数。小，正常；无穷大，断路
 - ▣ 高频电感阻值 < 几十欧
 - ▣ 几十欧 < 中频电感阻值 < 几百欧
 - ▣ 几百欧 < 低频电感阻值 < 几千欧
- 电感绝缘性 线圈与磁心的电阻应是无穷大

电感的检测-2

□ 电感量的测量 采用电桥法测量



$$R_X + j\omega L_X = \frac{R_4}{R_3} (R_2 + j\omega L_2)$$

求得: $L_X = \frac{R_4}{R_3} L_2$ $R_X = \frac{R_4}{R_3} R_2$

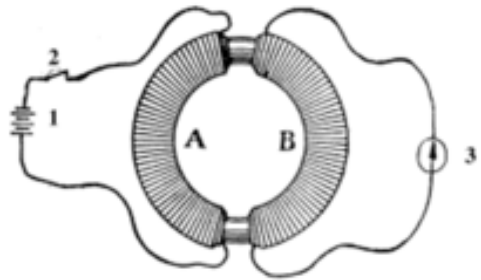
品质因数 $Q = \frac{\omega L_X}{R_X} = \frac{\omega L_2}{R_2}$

变压器(Transformer)

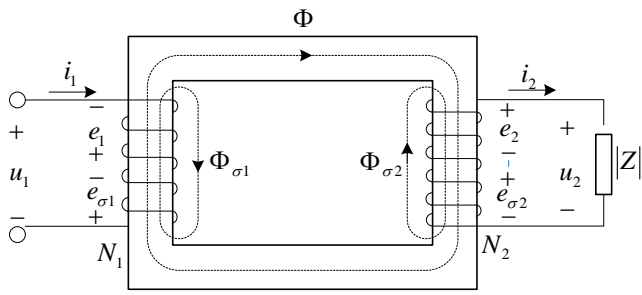
- 变压器与分类
- 常见变压器实物图
- 主要技术参数
- 工作原理
- 两种特殊变压器
- 变压器性能检测



变压器



- 法拉第在1831年8月29日发明了一个“电感环”，称为“法拉第感应线圈”，实际上是世界上第一只变压器雏形。西屋公司在1885年制造了第一台实用的变压器，于1886年开始商业运用。
- 变压器既是将两组或两组以上的线圈绕在同一线圈骨架或同一磁芯上制成的。变压器在电路中起电压变换、电流变换和阻抗变换的作用。--
--利用了互感或自感

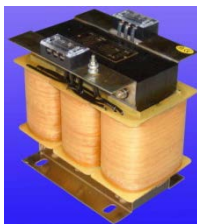


变压器分类与实物图-1

□ 按相数分：单相、三相



□ 按冷却方式分：干式、油浸式



□ 按用途分：电力、仪用、试验、特种



变压器分类与实物图-2

- 按绕组形式分：双绕组、三绕组、自耦



- 按线圈和磁芯之间的关系分为：

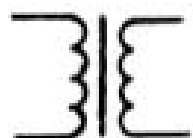
- 空心、芯式(铁氧体磁芯、铁芯)、非晶合金、壳式



- 按工作频率分：工频、高频



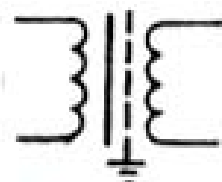
变压器符号图



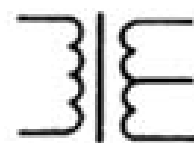
铁芯体磁心变压器



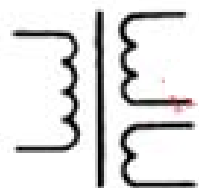
铁芯体磁心微调变压器



用屏蔽隔离的铁心双绕组变压器



抽头变压器



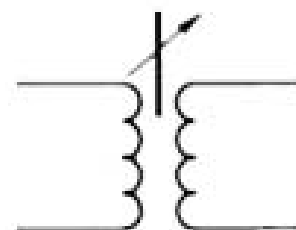
铁心三绕组变压器



铁心自偶变压器



连续调压有铁心自耦变压器



磁芯可调变压器

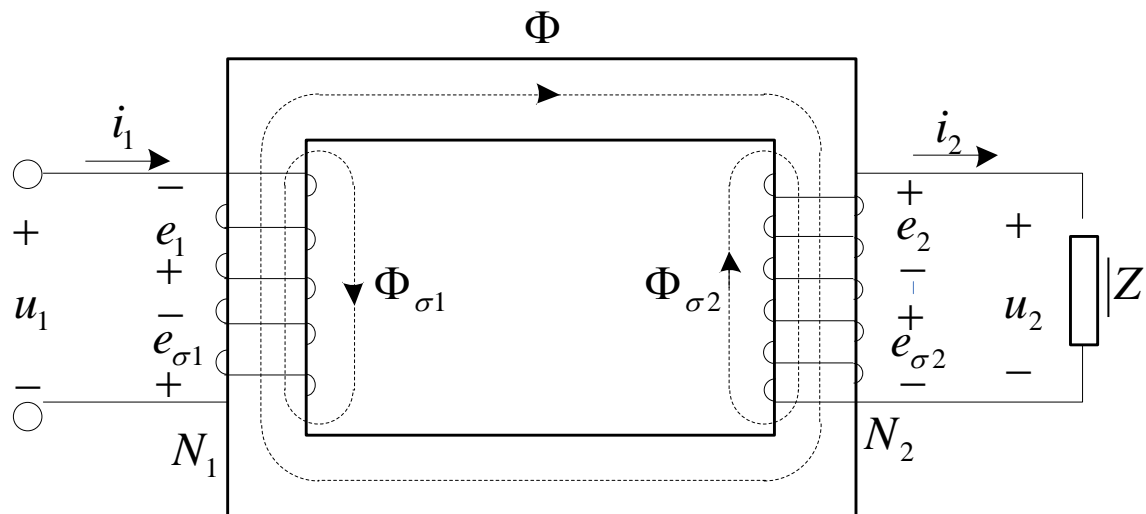
变压器电路符号

主要技术参数

- 额定功率：在规定的频率和电压下,变压器能长期工作,而不超过规定温升的输出功率
- 变比：变压器初级绕组匝数与次级绕组匝数比值
- 效率：指变压器次级输出功率与初级输入功率比值的百分数。20W以下的变压器在0.7-0.8间
- 空载电流 I_0 ：指变压器在工作电压下次级空载时初级线圈流过的电流。一般不超过额定电流的10%。（可引入磁动势平衡方程）
- 漏电感：线圈所产生的磁力线不能都通过次级线圈的那些泄漏磁通产生的电感。

工作原理

- 变压器主要由闭合铁心和一次、二次绕组等几个主要部分构成，如下图。



- 一次、二次绕组的电压之比为

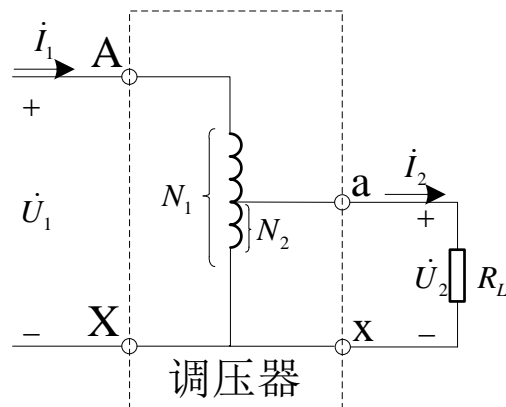
$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{N_1}{N_2} = K$$

- 一次、二次绕组的电流关系为

$$\frac{I_1}{I_2} \approx \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{K}$$

特殊变压器之自耦变压器

- 自耦变压器特点是二次绕组是一次绕组的一部分。调压器是典型的自耦变压器，它利用手柄旋转改变二次绕组匝数，在其正面有四个接线端子，其中A、X为一次绕组输入端，a、x为二次绕组输出端。调压器的外形和原理如下图。

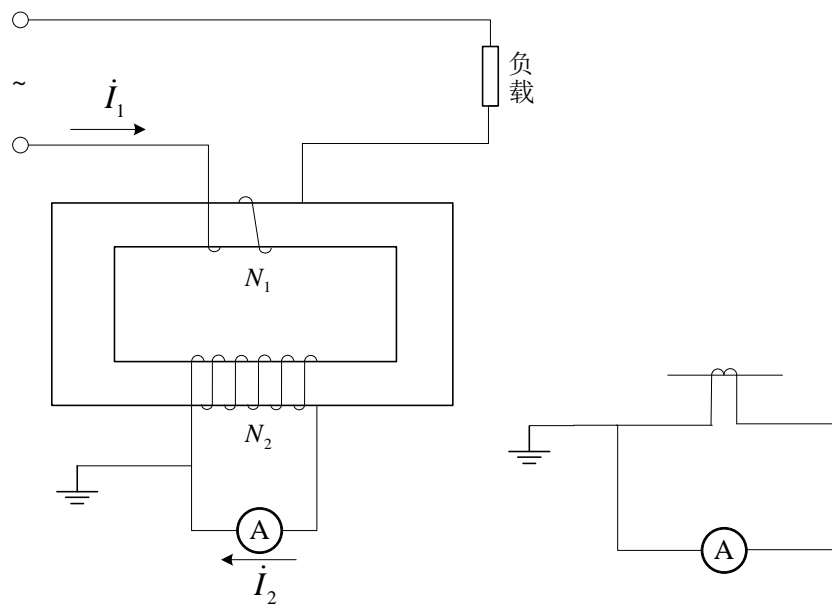


$$\frac{U_1}{U_2} \approx \frac{N_1}{N_2} = K$$

$$\frac{I_1}{I_2} \approx \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{K}$$

特殊变压器之电流互感器

- 电流互感器是根据变压器的原理制成的。它主要和交流电流表(其量程有限)配合测量交流电路中的大电流。电流互感器的接线图及其符号如下图所示。
- 使用电流互感器也是为了使测量仪表与高压电路隔开，以保证人身与设备的安全。



变压器性能检测

□ 变压器一次绕组与二次绕组的区分

- ▣ 对于降压电源变压器而言，其一次绕组接交流220V，匝数较多，线圈电阻较大，而二次绕组输出电压较小，匝数较少，线圈电阻也小。利用这一特点可以用万用表很容易就判断出一次和二次绕组。

□ 变压器的质量检测

- ▣ 从两个方面来考虑，即开路和闭路。开路的检查用万用表的欧姆档很容易进行；闭路可用空载通电法、串联灯泡法。

我们继续吧！

